

Trabajo Fin de Grado

Diseño y prestaciones de instalaciones de transporte por cable. Metodología de selección entre instalaciones industriales, de ocio y turismo, y urbanas.

Design and performance of cable transport facilities. Selection methodology between industrial, leisure and tourism, and urban facilities.

Autor

Miguel Moreno Piera

Director

Emilio Larrodé Pellicer

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza
Grado en Estudios en Arquitectura
2020

RESUMEN

En este trabajo, el objetivo es analizar las características de diseño propias de una instalación de transporte por cable, diferenciando según el fin de explotación que tenga la instalación. Se va a considerar que existen tres tipos diferentes: ocio y turismo, movilidad e industrial.

En la primera parte del trabajo se realiza una descripción de los tres tipos de instalaciones anteriormente citados y de los elementos de una instalación de transporte por cable, así como de las prestaciones y de los principales grupos de trabajo relacionados con una instalación. También se describen las últimas innovaciones introducidas en el transporte por cable.

Posteriormente se analizan las características técnicas que requiere una línea diferenciando entre los tres tipos de instalaciones, centrándose en el requerimiento de tracción, el requerimiento de capacidad, y el tipo de vehículo portante. En esta parte del trabajo se incluyen varias tablas que recogen los resultados más significativos de los cálculos realizados, también un ejemplo de cómo han sido realizados estos cálculos. A partir de este apartado se sacarán las conclusiones oportunas sobre el diseño de cada tipo de instalación, sus aspectos técnicos y también se establecerá un criterio de selección de vehículo.

La gran mayoría de cálculos de esta parte del trabajo están orientados a líneas cuya finalidad es el ocio y el turismo y a líneas cuya finalidad es la movilidad, ya que las dedicadas a la industria tienen características muy particulares. Además, la mayoría de las instalaciones existentes en el mundo están dedicadas al ocio y turismo y movilidad.

En la parte final del trabajo se describen tres ejemplos existentes, uno correspondiente a cada tipo de instalación. Además de las diferencias técnicas que se habrán visto anteriormente, se observarán las principales particularidades de cada tipo de instalación.

ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Descriptivo de los tres tipos de instalaciones	5
2.1. Ocio y turismo	5
2.2. Movilidad	5
2.3. Industrial	6
3. Descriptivo de la línea	7
3.1. Sistema tractor	7
3.2. Sistema de traslación	8
3.3. Estaciones	12
3.4. Sistema de seguridad y control	13
3.5. Instalaciones auxiliares	14
4. Prestaciones	15
5. Empresas relacionadas	16
6. Innovaciones	18
7. Requerimiento de tracción, capacidad y tipo de vehículo	20
7.1. Requerimiento de tracción	20
7.2. Requerimiento de capacidad	29
7.3. Tipo de vehículo	31
8. Criterio de selección	32
9. Instalaciones	34
9.1. Ocio y Turismo (Estación Invernal Valle de Astún)	34
9.2. Movilidad (Mi teleférico, La Paz)	35
9.3. Industrial (Transporte de materiales de Apiai, Brasil)	37
10. Conclusiones	38
11. Bibliografía	41
 ANEXO	 42

1. Introducción

El transporte por cable es un instrumento utilizado en situaciones muy particulares, las principales características que se han de tener para construir una instalación de este tipo son longitudes cortas, grandes desniveles u orografías complejas. La mayoría de las instalaciones existentes en el mundo están dedicadas al transporte de personas en una estación de esquí o empleadas como atracciones turísticas, cuyo objetivo es realizar un recorrido panorámico. La gran mayoría de estas instalaciones se concentra en zonas montañosas de Europa, Estados Unidos y Japón.

Actualmente se está empleando este tipo de instalaciones para transportar personas en núcleos urbanos y mejorar su movilidad, bien en un núcleo aislado con dificultad de acceso, o bien en grandes urbes que no disponen de los medios suficientes para contar con una buena infraestructura terrestre.

Existen también instalaciones dedicadas al transporte de mercancías, es decir, de uso industrial, aunque en un número muy inferior al transporte de personas. [1]

El objetivo de este trabajo de fin de grado es analizar las características de los diferentes tipos de instalación por cable según las finalidades descritas anteriormente. Se diferencian tres finalidades: ocio y turismo, movilidad e industrial.

2. Descriptivo de los tres tipos de instalaciones

Se van a considerar tres tipos de instalaciones, que dependen del tipo de aplicación, como son: instalaciones de transporte por cable para ocio y turismo (principalmente deportes de invierno y verano, montañismo y turísticas), instalaciones de transporte urbano (en grandes núcleos urbanos para mejorar la movilidad), e instalaciones industriales (minería, agroindustria, forestal). En algunos casos puede ser empleado para personas y mercancías conjuntamente.

2.1 Ocio y turismo.

Su función es potenciar lugares de notable atracción turística no fácilmente accesibles o transitables con otros medios de transporte. Se pueden distinguir dos principales grupos, el acceso a puntos singulares y los itinerarios panorámicos. Esto se puede dar tanto en ciudades, en la montaña o en parques naturales.

La demanda de este tipo de servicios es muy irregular, concentrándose en fechas señaladas, tales como vacaciones y fines de semana. En este sentido es análoga a la de la finalidad deportiva, aunque en general teniendo como período de utilización el estival en vez del invernal.

En muchas ocasiones, al contrario de lo que ocurre de forma habitual en el transporte, el propio viaje es un fin en sí mismo. Esto puede deberse tanto a la propia espectacularidad de los recorridos aéreos y de los paisajes contemplados como a la singularidad del medio de transporte, poco habitual para muchos usuarios.

Es el principal transporte dedicado al deporte de invierno (esquí), pero también puede tener esta finalidad una instalación ubicada en una ciudad si el objetivo es realizar un recorrido de interés turístico. [1]



Figura 1: Teleférico Pan de Azúcar, Río de Janeiro

2.2 Movilidad.

La función del transporte por cable es el traslado de personas de un lugar a otro dentro de un núcleo urbano o bien a centros habitados aislados. Puede ser necesario en núcleos con grandes desniveles, núcleos donde sea complicado construir infraestructuras como carreteras, líneas de metro o ferrocarril, ciudades donde se tenga una alta densidad de tráfico, centros urbanos en los que se quiera evitar la circulación. [1]

Es una alternativa a otras formas de transporte público.



Figura 2: Mio Cable, Cali

Sus principales ventajas son el ahorro de tiempo, gran capacidad, tiempos de traslados siempre iguales (no dependen del tráfico, accidentes, obras), transporte limpio.

2.3 Industrial.

La función del transporte por cable es el traslado de material en distintos lugares de trabajo durante el ciclo productivo. Cuando se trata del transporte de mercancías, las finalidades más características son las siguientes:

2.3.1 Madera (Sistemas de saca con cable).

La saca con cable aéreo es un método de extracción de la madera propio de zonas abruptas y poco accesibles. Ideal para zonas especialmente sensibles donde el uso de la maquinaria forestal no esté recomendado. Las nuevas innovaciones en la saca por cable aéreo (aligerando los mecanismos y facilitando el uso con un menor número de operarios), puede llevar a un mayor uso de estos sistemas en un futuro. [4] [5]

2.3.2 Agroindustria.

Transporte de fruta fresca desde el campo hasta la zona de empaque. La gran agilidad de este sistema, ayuda a conservar la calidad de la fruta en las mejores condiciones para su posterior exportación. [6]



Figura 3: Transporte de fruta

2.3.3 Minería.

El motivo de que se utilice este tipo de transporte es la situación de las minas (montaña) y los peligros asociados a los riesgos naturales. La función del transporte por cable será el transporte de materiales y minerales desde los puntos de extracción hasta los lugares de tratamiento y almacenamiento. Tiene muchas ventajas frente al transporte por camión, principalmente el económico y el impacto medioambiental. [7]

Otros tipos de transporte por cable dedicados a la industria son:

Transporte de materiales en una construcción situada en un valle (presas, complejos urbanísticos...)

Transporte de mercancías entre estaciones de otros sistemas de transporte (barco-tren).

Transporte de mercancías en una propia planta.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los tipos de instalaciones:

Tabla 1

	OCIO Y TURISMO	MOVILIDAD	MERCANCÍAS
FUNCIÓN	Potenciar lugares de notable atracción turística	Traslado de personas	Traslado de material
CARACTERÍSTICAS	Montaña (esquí/verano) Ciudad Parque Natural	Núcleos urbanos Núcleos aislados	Madera (saca con cable) Agroindustria Minería
FACTORES INFLUYENTES	Capacidad (personas) Accesibilidad	Capacidad (personas) Accesibilidad Velocidad	Capacidad (t) Capacidad por tolva (t) Automatización
EJEMPLOS	Estaciones de esquí (Astún) www.astun.com	Mi Teleferico (La Paz) www.miteleferico.bo	Teleférico para el transporte de materiales de Apiai www.intercement.com

3 Descripción de los elementos de una instalación por cable

Antes de comenzar la construcción de los diferentes elementos de la línea que se describen a continuación, se deberá hacer un análisis del terreno, que consistirá en un control topográfico, geológico y geotécnico.

En el análisis topográfico se mide el terreno y después se representa gráficamente. Distancia total, recorrido y desnivel. En el análisis geológico y geotécnico estudiaremos las características del terreno, composición y estructura.

Estos estudios son muy importantes ya que será la base de nuestra instalación y de ellos depende todo el proyecto de la instalación.

3.1 Sistema tractor.

Dependiendo de las necesidades específicas del proyecto, el grupo motor puede estar ubicado en la estación inferior o superior, en configuración enterrada o aérea, en las variantes motriz fija o motriz tensora. El sistema tractor consta de dos motores: el motor principal y el motor de emergencia o de socorro.

La tracción principal la realiza un motor eléctrico acoplado a un reductor. Este motor eléctrico dispone, al menos, de dos frenos: freno de servicio y freno de emergencia.

El freno de servicio actúa directamente sobre el eje del motor, es el que se utiliza habitualmente y, el freno de emergencia, actúa sobre el volante.

El motor de emergencia suele ser un motor térmico de gasoil. En caso de avería en el motor principal o en la línea eléctrica puede ser utilizado para evacuar la línea, para realizar esa operación será necesario acoplar el motor de emergencia al volante y desacoplar el motor principal. La potencia de este motor es muy inferior a la del motor eléctrico, por lo que la velocidad de la línea será muy baja.

Ejemplo (Motores instalados en una línea dedicada al esquí que tiene una longitud de 1319.83 metros, telesilla “Truchas” de la estación de esquí de Astún):

Tiempo de recorrido con el motor eléctrico: $t = \frac{e}{v} = \frac{1319.83 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 263.966 \text{ s} = 4.40 \text{ minutos}$
(464 kW)

Tiempo de recorrido con el motor de socorro: $t = \frac{e}{v} = \frac{1319.83 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} = 1319.83 \text{ s} = 22 \text{ minutos}$
(108 kW)

Los tiempos de parada de los frenos de esa misma línea son:

Tiempo de parada con el freno de servicio: 2.8 segundos

Tiempo de parada con el freno de emergencia: 3.2 segundos

Equipo de tensión: el equipo de tensión se encarga de mantener la tensión en la línea, ya que ésta variará en función de la carga que tenga la línea en cada instante. Normalmente es uno o varios cilindros hidráulico que pueden estar situados en la estación inferior o superior. Dependiendo de la fuerza que ejerza el peso de la línea en ese momento, el cilindro se desplazará hacia adelante o hacia atrás para tensar o destensar el cable.

Inicialmente equipos de tensión por contrapeso.

3.2 Sistema de traslación.

La línea está constituida por diferentes componentes: los vehículos, las pilonas, los balancines y el cable.

3.2.1 Pilonas.

Las pilonas son las encargadas de soportar el peso de las cabinas y de los pasajeros o material en caso de una instalación industrial, por este motivo, su construcción es robusta. Los vehículos pueden circular por ambos lados de la pila. Todas las pilonas deben tener acceso (escalera) y plataformas para poder realizar las labores de mantenimiento.



Figura 4

En las pilonas “críticas” se puede añadir un aislamiento térmico. Estas pilonas suelen ser las de entrada o salida a las estaciones que están expuestas al sol, el acero se expande cuando se calienta, lo que puede provocar que la pila se tuerza y el cable no entre perfectamente alineado en la estación.



Figura 5: Pila con aislamiento térmico

Las pilonas pueden ser de soporte o de compresión.

De soporte: la función es soportar el peso del cable.

De compresión: ejerce una fuerza sobre el cable hacia abajo, tensándolo y evitando además que el cable tenga demasiada altura.



Figura 6: Soporte



Figura 7: Soporte-compresión



Figura 8: Compresión

3.2.2 Los balancines.

Los balancines sirven para dirigir el cable portante a lo largo de la línea. Cada balancín está compuesto por una disposición de poleas. El número de poleas depende del peso que el cable debe transportar. Puede haber diferente número de poleas entre el lado de bajada y el de subida (diferente peso). Cada polea está compuesta por un cuerpo base, el anillo giratorio y la rueda con bridas.



Figura 9

Los balancines están dotados de un dispositivo de seguridad, el control de descarrilamiento del cable:

Normalmente consta de una varilla que detecta cuando el cable descarrila, lo que enviará una señal al sistema de seguridad y parará la línea.

También existe una sujeción donde el cable quedará apoyado tras el descarrilamiento, evitando que caiga al suelo.



Figura 10: Control de descarrilamiento del cable

Nombramiento del conjunto pila-balancín: además del número de posición en la que se encuentre la pila desde la estación inferior, se indicará el tipo de pila y el número de ruedas que tengan sus balancines.

Ejemplos:

10C/10C -> pila de compresión, 10 ruedas a ambos lados de la línea.

8SC/8SC -> pila de soporte-compresión , 8 ruedas a ambos lados de la línea.

12S/10S -> pila de soporte, 12 ruedas en el balancin de mayor carga (subida) y 10 ruedas el balancin de menor carga.

3.2.3 El cable.

Los cables son de acero y están compuestos de varios hilos que se retuercen alrededor del núcleo del cable. Empresas especializadas fabrican los cables y los montan en el lugar.

- Tres tipos de cable: portador, tractor, portador-tractor.
 - El cable portador soporta la carga de los vehículos.
 - El cable tractor transmite la fuerza para el movimiento.
 - El cable portador-tractor realiza ambas funciones. (Sistema monocable)
- Principales problemas del cable:

Alargamiento: (provocado por las grandes fuerzas tensoras), una de las operaciones que suele realizarse después de varios meses de la instalación del cable, es cortar y volver a empalmar el cable para quitar la zona que se ha alargado. También se puede producir un alargamiento por los cambios de temperatura.

Torsión: cuando el cable pasa por las pilas y por las estaciones se retuerce. El problema aparece cuando tenemos vehículos en la línea, ya que ese momento de torsión se acumula sobre la pinza del vehículo, lo que puede provocar que la pinza se deslice por el cable si superamos el valor límite.

- Cables más comunes en transporte por cable (Fatzer):

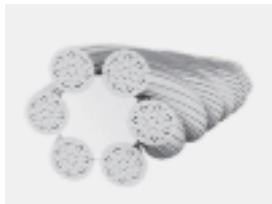


Figura 11: "Compacta"



Figura 12: "Preforma"

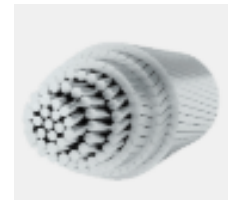


Figura 13: "Integra"



Figura 14: "Stabilo"



Figura 15: "Octura"



Figura 16: "Integra Data"

- Elección del cable:
 - 1) Elección del tipo de cable con mejores cualidades para nuestra instalación
 - 2) Primera aproximación: con la carga de nuestra instalación, comprobar que la carga mínima de rotura es superior. (coeficiente de seguridad de 4.5)
 - 3) Segunda aproximación: con la carga de la instalación y el peso del cable escogido anteriormente, comprobar de nuevo.

Elasticitätsmodul: 160 kN/mm² ± 10 kN/mm²
Durchmessertoleranz: 0% / +3%
Konfektionierung: Solvorguss nach DIN EN 13411-4 mit Kunstharz (z.B. WIRELOCK®) oder Metall (z.B. Zamak)
Korrosionsschutz: Innere Drahtlagen: Drähte mit Überzug aus Zink und Innenverfüllung mit Zinkstaubfarbe (TruLub A11®)
 Äussere zwei Drahtlagen: Drähte mit Überzug aus Zn95Al5 (z.B. gallan®), kein Solverfüllmittel

Full Locked Coil Rope (FLC) DIN EN 12385-10

Material: High-tensile non alloy steel wire to DIN EN 10264-2 (round wire) and to DIN EN 10264-3 (Z-shaped wire)
Modulus of Elasticity: 160 kN/mm² ± 10 kN/mm²
Tolerance on Diameter: 0% / +3%
Socketing: Spelter to DIN EN 13411-4 with Resin (e.g. WIRELOCK®) or Metal (e.g. Zamak)
Corrosion Protection: Inner layers: Hot dip galvanised wires and zinc rich blocking compound (TruLub A11®)
 Outer two layers: Zn95Al5 coated Z-shaped wires (e.g. gallan®), no blocking compound.



Nenn-ø Nominal-ø [mm]	Mindestbruchkraft Minimum Breaking Load F _{ms} [kN]	Charakt. Bruchkraft Charact. Breaking Load F _{ak} [kN]	Grenzzugkraft Design Load F _{st} [kN]	Metall. Nenn-Querschnitt Nom. Metallic Cross Section A [mm ²]	Steifigkeit Stiffness EA [MN]	Gewicht Weight G ⁹ [kg/m]
25	596	596	397	440	70	3.8
30	858	858	572	648	104	5.6
35	1'170	1'170	780	842	135	7.3
40	1'580	1'580	1'053	1'125	180	9.7
45	2'000	2'000	1'333	1'382	221	12
50	2'470	2'470	1'647	1'731	277	15
55	3'020	3'020	2'013	2'106	337	18
60	3'590	3'590	2'393	2'424	388	21
65	4'220	4'220	2'813	2'929	469	25
70	4'890	4'890	3'260	3'444	551	30
75	5'620	5'620	3'747	3'791	607	33
80	6'390	6'390	4'260	4'379	701	38
85	7'210	7'210	4'807	4'952	792	42
90	8'090	8'090	5'393	5'568	891	48
95	9'110	9'110	6'073	6'095	975	52
100	10'100	10'100	6'733	6'804	1'089	58
105	11'100	11'100	7'400	7'567	1'211	65
110	12'200	12'200	8'133	8'341	1'335	71
115	13'400	13'400	8'933	9'149	1'464	78
120	14'500	14'500	9'667	9'729	1'557	83
125	15'800	15'800	10'533	10'636	1'702	91
130	16'200	16'200	10'800	11'385	1'822	97
135	17'400	17'400	11'600	12'368	1'979	106

Figura 17: Tabla de características de cable de catálogo Fatzer [9]

3.2.4 Los vehículos.

Los vehículos son los elementos de la instalación en los que se transporta a los pasajeros/material. En el caso de transporte de pasajeros pueden ser sillas, con capacidades entre 2 y 8/10 personas; y cabinas, que pueden tener una capacidad de hasta 200 personas. En el caso de transporte de material en la mayoría de los casos serán tolvas.

El uso de las sillas es principalmente en deporte de invierno (esquí), y pueden tener cúpulas protectoras.



Figura 18: Telesilla desembragable [8]



Figura 19: Cabina [8]



Figura 20: Tolva [8]

3.2.5 La pinza.

La pinza es el elemento de unión entre el vehículo y el cable. Puede ser de dos tipos, pinza fija y pinza desembragable. La pinza fija va siempre cerrada y unida al cable, mientras que la desembragable se separa del cable en las estaciones. Con ello se consigue que la velocidad en el momento de embarque/desembarque sea inferior a la del trayecto.



Figura 21: Pinza fija

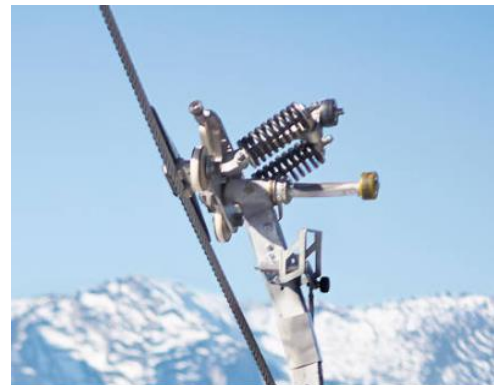


Figura 22: Pinza desembragable

3.3 Estaciones.

Los sistemas de teleférico requieren como mínimo dos estaciones. Una estación se construye en el punto de inicio del teleférico y el otro en su punto final. El motor, los frenos de servicio y el panel de mando se sitúan en las estaciones.

En las instalaciones desembagables se puede disponer de almacenes en los que guardar los vehículos. Son de gran importancia para evitar problemas con el hielo o el viento, y para alargar la vida útil de los vehículos. Pueden estar a la misma altura que la estación, o pueden ser subterráneos, lo que requiere una rampa y un elevador para el acceso de los vehículos. El almacenamiento de los vehículos requiere una gran flexibilidad, variabilidad y adaptabilidad.

Existen distintos tipos de almacenes:

Almacén con circuito cerrado: está conectado a la estación por medio de una doble vía, lo que permite el almacenamiento y la puesta en línea de los vehículos en la dirección de marcha de la instalación.



Figura 23: Almacén con circuito cerrado [8]

Almacén con vías muertas: se utiliza en el caso de que se requiera un aprovechamiento óptimo del espacio. Proporciona una distancia mínima entre los vehículos y por lo tanto una reducción del espacio necesario para la realización del edificio.



Figura 24: Almacén con vías muertas [8]

Almacén en estación: es la alternativa más económica. Se evita la construcción de un edificio para el almacenamiento.



Figura 25: Almacén en estación [8]

3.4 El sistema de Control y Seguridad.

El sistema de control del teleférico supervisa la seguridad de la instalación y de los pasajeros. En la interfaz de usuario del sistema de control del teleférico, el maquinista puede ver en tiempo real todos los datos y la información necesarios para el funcionamiento del teleférico y permite al maquinista regular el servicio requerido.

Algunos de los sistemas de control son:

- 3.3.1 Control de la fuerza de apriete en pinzas desembragables. Se encarga de controlar en la salida de las estaciones, donde la pinza vuelve a engancharse al cable, que ésta lo hace con una fuerza correcta. Habrá un límite inferior y un límite superior, si el valor no está entre ellos, el sistema de seguridad parará la instalación.
- 3.3.2 Control geométrico de las pinzas.
- 3.3.3 Control de posición del cable. Comprueba que el cable está perfectamente centrado.
- 3.3.4 Control de distancia entre sillas. La distancia debe ser constante entre ellas.
- 3.3.5 Control de tensión del cable. Se encarga de controlar que la tensión del cable está entre el límite inferior y el límite superior mediante un cilindro o varios cilindros hidráulicos. El tensado del cable se realiza automáticamente, aunque también se podrá hacer manualmente en maniobras concretas.
- 3.3.6 Control de velocidad. Velocímetro que si supera la velocidad máxima prefijada, reducirá la velocidad o dará aviso.
- 3.3.7 Sensores y sondas de nivel del motor. Se colocan decenas de sensores en todo el tren de transmisión de la estación. Indican temperaturas, presiones (aceite en las tuberías), velocidades de rotación, corrientes y voltajes... Todas estas señales serán gestionadas por un autómata que devolverá información en la pantalla de control que estará en el puesto de mando.
- 3.3.8 Control de descarrilamiento en las pilonas.
- 3.3.9 Anemómetros, pluviómetros y cámaras para poder comprobar el estado climatológico durante el recorrido.

3.5 Instalaciones Auxiliares.

- Agua: normalmente en ambas estaciones debe haber una supervisión en persona. Por lo que es recomendable disponer de agua corriente. También disponer de un circuito de aguas residuales.
- Electricidad: imprescindible cerca de cada instalación, un equipo de transformación.

- Comunicación: entre ambas estaciones, telefónica y visualmente mediante cámaras.
- Talleres mecánicos.
- En instalaciones dedicadas al esquí también se dispondrá de balsas de agua, garaje para máquinas pisa-pistas y motos de nieve, circuitos de nieve artificial y cañones.
- Cafeterías, restaurantes, miradores, edificios...

[2] [8] [9] [10]

4 Prestaciones

- Capacidad: en el caso de que la finalidad del transporte sea de personas, hablaremos de personas trasladadas por cada hora. Si el transporte es de material, toneladas trasladadas por hora. Es la prestación más importante de un teleférico.
- Velocidad: la velocidad en un teleférico se mide en metros recorridos por cada segundo.
- Longitud: distancia total que recorre la línea, desde la estación inferior a la superior.
- Desnivel: diferencia de altura entre la estación superior y la estación inferior.
- Pendiente: grado de inclinación del terreno sobre el que va la instalación.

Todas estas características tienen una relación directa con la potencia consumida, es decir, con el consumo energético. Al aumentar cualquiera de ellas, aumentará también el consumo, y por tanto, los costes en electricidad.

Tabla 2

	Esquí	Movilidad	Industrial
Capacidad	2000-3000 pp/h	2000-4000 pp/h	t/h
Velocidad	2.5 m/s con pinza fija 5 m/s con pinza desembragable	5-6 m/s	2-5 m/s
Longitud	Corta-Media	Media-Larga	Corta-Media-Larga
Desnivel	Alto	Pequeño	En plantas productivas pequeño desnivel. En extracción de materiales puede tener un gran desnivel.
Pendiente	Elevada	Pequeña	Pequeña

5 Empresas relacionadas

Las principales empresas relacionadas en una instalación por cable son: los fabricantes de los diferentes componentes, los constructores de la instalación, los encargados del mantenimiento de la instalación, y los explotadores de la instalación.

En muchos casos, las empresas fabricantes son también las constructoras de la instalación (Doppelmayr). [11]

Lo mismo ocurre con las empresas explotadoras, pueden realizar también las labores de mantenimiento (estaciones de esquí).

También existen empresas dedicadas al montaje los proyectos y a realizar tareas de mantenimiento (CaraNorte). [12]

5.1 Fabricantes.

Normalmente las empresas especializadas en transporte por cable se encargan de fabricar todos los elementos de la línea, o bien, de encargar a otras empresas algún elemento concreto (por ejemplo los cables a la empresa Fatzer). [9]

5.2 Constructores.

Se encargan de llevar a cabo el proyecto, estación motriz y retorno con sus respectivas bases, pilonas (por piezas se montan en el lugar y se levantan con grúa o helicóptero, dependiendo del peso), posicionamiento y empalme del cable. Algunas obras concretas como las cimentaciones pueden hacerse mediante una subcontrata.

5.3 Mantenimiento.

Dependiendo del fin de la instalación, el mantenimiento puede tener estrategias muy diferentes. En una instalación con fines turísticos, el mantenimiento preventivo se realiza en la temporada de no explotación. Pero en una instalación que trabaje todo el año, como una dedicada a movilidad, no existe esta opción.

5.3.1 Documentos de referencia (restringido a la comunidad autónoma de Aragón).

- Norma UNE 1709 Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable destinadas a personas: Examen previo a la puesta en servicio, mantenimiento y controles en explotación.
- Procedimiento EXP 02 Explotación de remontes
- Libro de revisiones de remontes en explotación LRRE (redactado por RTR)

- Libro de operaciones de mantenimiento en explotación LOME (redactado por RTR)
- Libro de Cables LC (suministrado por la DGA)
- Libro de explotación LE (suministrado por la DGA)
- Libro de mantenimiento de remotes de verano LMV (redactado por RTR)

5.3.2 Mantenimiento preventivo.

5.3.2.1 Diariamente antes de abrir la instalación al público se realizará una revisión visual, generalmente llamado parte diario. Al finalizar el día se rellenará el libro de explotación, que es un documento oficial donde se indican las averías o incidencias relevantes durante el día, así como el número de clientes y las horas de funcionamiento. Ejemplos: distancia entre vehículos, correcta rodadura de las ruedas de los balancines, cable centrado, comprobación de presencia de hielo.

5.3.2.2 Revisiones semanales y mensuales. El personal de mantenimiento realiza revisiones semanales más técnicas y observa cualquier anomalía. Ejemplos: ruidos, vibraciones, pérdidas de lubricantes, desgastes excesivos y calentamientos.

5.3.2.3 Revisiones anuales (Informe de gran inspección, pruebas de carga, revisión de piezas).

Se revisarán los principales elementos de la línea, y el correcto funcionamiento del grupo tractor, cilindro de tensión y sistemas de seguridad y control.

5.3.3 Mantenimiento correctivo. Correspondiente a las averías producidas en explotación.

El técnico de mantenimiento evaluará la incidencia y decidirá si es posible reparar la avería en el momento o si es necesario evacuar la instalación. Ejemplos: problemas eléctricos o electrónicos, desgaste o rotura de piezas (volante, trenes cinemáticos), problemas en el motor eléctrico.

5.4 Explotación.

Empresas dedicadas al sector servicios.

6 Innovaciones

- Sistema Bicable.

Línea con un cable tractor y un cable portador.

Menor ruido, menor mantenimiento, se evitan las vibraciones a su paso por los balancines y su vida útil es más larga. [8]



Figura 26: Pinza bicable

- Sistema Tricable.

Telecabinas o teleféricos compuestos por dos cables portantes sobre los que se traslada el vehículo, y un cable de tracción de movimiento continuo sobre el que se enganchan los mecanismos de tracción.

Los puntos fuertes característicos son la elevada resistencia al viento y la posibilidad de largos vanos.

Los inconvenientes son la inversión inicial ya que el sistema es muy complejo, además de que será necesario un mayor mantenimiento.



Figura 27



Figura 28

- Asientos calefactados.

Los cojines de las sillas están dotados de una rejilla. Cuando la silla pasa por la estación de salida, se activa la calefacción, y se detiene cuando el pasajero desembarca en la salida. La energía que se acciona es suficiente para dotar de calor durante todo el trayecto.

Actualmente numerosos telesillas son calefactados. Además, se pueden añadir capotas panorámicas al mismo tiempo. El objetivo es que el esquiador pueda ir tan resguardado como en un telecabinas pero sin necesidad de quitarse los esquís.

Esta tecnología también puede ser aplicada en telecabinas, actualmente, muchas están dotadas de calefacción en los asientos o calefacción general. [8]

El asiento con calefacción (de Leitner) en resumen:

- Tiempo de calentamiento de 16 a 21 segundos en las estaciones
- 7,5 kW de potencia nominal en un telesilla desembagable
- 420 W por asiento
- Acolchado térmico protegido frente a cortocircuitos y humedad
- Alimentación conmutada a baja velocidad para impedir el sobrecalentamiento



Figura 29: Telesilla calefactado

- Transporte de equipo deportivo (bicicletas).

En muchas ocasiones, las instalaciones dedicadas al deporte de invierno, son también utilizadas en verano para realizar, entre otras cosas, descensos en bici. De esta manera se consigue una mayor explotación de la instalación. El objetivo es poder transportar la bicicleta en un telesilla o en un telecabina, sin necesidad de introducirla en ella. [8]



Figura 30



Figura 31

- Nuevos sistemas de control (Doppelmayr Connect).

El sistema de detección de la posición del cable o Rope Position Detection (RPD)

Sistema de seguridad que detecta a tiempo si un cable se sale de la ranura, reduciendo el tiempo de descarrilamiento. En el momento que el sistema lo detecte, automáticamente disminuye la velocidad. [11]

- Transmisión de datos (BRUTELECOM).

Cables que permiten la transmisión de datos y energía eléctrica entre la estación inferior y superior a través de fibras ópticas y conductores de cobre. Pueden usarse para activar las funciones de seguridad en pylonas de la línea, así como telecomunicaciones y sensores de control. [9]

7 Análisis de requerimiento de tracción, capacidad y tipos de vehículos

7.1 Requerimiento de tracción.

Ejemplo de cálculo (línea característica de una estación de esquí):

Cálculo de potencia de una línea de 1500 metros de longitud, con 500 metros de desnivel, una capacidad de 2600pp/h con sillas de 4 personas. El cable escogido es de 35mm de diámetro (catálogo Fatzer), con un peso de 6.6 kg/m. [9]

La potencia necesaria en régimen permanente será:

$$P_w = \frac{\Delta T * v}{75 * \eta}$$

Donde ΔT es la variación de la tensión y dependerá de los siguientes parámetros:

$L = 1500m$	[longitud de la línea]
$h = 500m$	[desnivel de la línea]
$v = 5 m/s$	[velocidad del cable]
$Q = 2600 pp/h$	[capacidad horaria máxima]
$N = 4$	[número de pasajeros por vehículo]
$\eta = 85\%$	[rendimiento del conjunto motor-reductor]
$P_d = 6.6 kg/m$	[peso del cable por metro lineal]
$s = 275 kg$	[peso del vehículo]
$t = 3600 * \frac{N}{Q} = 3600 * \frac{4}{2600} = 5.5385 s$	[intervalo entre vehículos]
$e = t * v = 5.5385 * 5 = 27.69 m$	[distancia entre vehículos]
$q = 80 \frac{kg}{pers} * 4 pers = 320 kg$	[carga vertical debida al pasajero]
$P_p = P_d + \frac{s}{e} = 6.6 \frac{kg}{m} + \frac{275 kg}{27.69 m} = 16.5314 kg/m$	[peso por metro lineal en vacío]
$P_e = P_p + \frac{q}{e} = 16.5314 \frac{kg}{m} + \frac{320 kg}{27.69 m} = 28.0879 kg/m$	[peso por metro lineal cargado]

$$P_f = P_p + \frac{q \cdot 0.33}{e} = 20.34505 \text{ kg/m} \quad [\text{peso por metro lineal con 33\% de carga}]$$

$$P_f' = P_p + \frac{q \cdot 0.5}{e} = 22.309 \text{ kg/m} \quad [\text{peso por metro lineal con 50\% de carga}]$$

Se estudian seis casos críticos:

1) Subida cargado y retorno vacío:

$$\Delta T = TE - TS = h * (P_e - P_p) + L * 0.028 * (P_p + P_e)$$

$$\Delta T = 500 * (28.0879 - 16.5314) + 1500 * 0.028 * (16.5314 + 28.0879) = 7651.6778 \text{ daN}$$

$$P_w = 600.13159 \text{ CV} \approx 447.51813 \text{ kW}$$

2) Subida cargado y retorno al 33%:

$$\Delta T = TE - TS = h * (P_e - P_f) + L * 0.028 * (P_f + P_e)$$

$$\Delta T = 500 * (28.0879 - 20.34505) + 1500 * 0.028 * (20.34505 + 28.0879) = 5905.6089 \text{ daN}$$

$$P_w = 463.185 \text{ CV} \approx 345.397 \text{ kW}$$

3) Subida vacío y retorno vacío:

$$\Delta T = 2 * L * 0.028 * P_p$$

$$\Delta T = 2 * 1500 * 0.028 * 16.5314 = 1388.6376 \text{ daN}$$

$$P_w = 108.91 \text{ CV} \approx 81.216 \text{ kW}$$

4) Subida vacío y retorno al 33%:

$$\Delta T = TE - TS = h * (P_p - P_f) + L * 0.028 * (P_p + P_f)$$

$$\Delta T = 300 * (10.7666 - 14.892) + 1000 * 0.028 * (10.7666 + 14.892) = -519.359 \text{ daN}$$

$$P_w = 40.73 \text{ CV} \approx 30.55 \text{ kW}$$

5) Subida cargada al 33% y retorno vacío:

$$\Delta T = 500 * (20.34505 - 16.5314) + 1500 * 0.028 * (16.5314 + 20.34505) = 3455.6359 \text{ daN}$$

$$P_w = 271.03 \text{ CV} \approx 202.107 \text{ kW}$$

6) Subida cargada al 50% y retorno vacío:

$$\Delta T = 500 * (22.309 - 16.5314) + 1500 * 0.028 * (16.5314 + 22.309) = 4520.1 \text{ daN}$$

$$P_w = 354.52 \text{ CV} \approx 264.363 \text{ kW}$$

[3]

En la siguiente tabla se observa el número de personas transportadas y la potencia requerida en cada hora del día. (Correspondiente a un día de gran afluencia en una estación de esquí)

Tabla 3

Franja horaria	Pp/h	kWh	kWh/p
8 a 9	867	202,11	0,233114
9 a 10	1300	264,36	0,203356
10 a 11	2600	447,50	0,172115
11 a 12	2600	447,50	0,172115
12 a 13	2600	447,50	0,172115
13 a 14	2600	447,50	0,172115
14 a 15	1300	264,36	0,203356
15 a 16	1300	264,36	0,203356
16 a 17	867	202,11	0,233114
Total Diario	16034	2987,30	0,18631

Al finalizar el día, en la instalación habrán subido un total de 16034 personas, y el consumo habrá sido de 2987,3 kWh. La relación entre la potencia consumida y los pasajeros es de 0,18631.

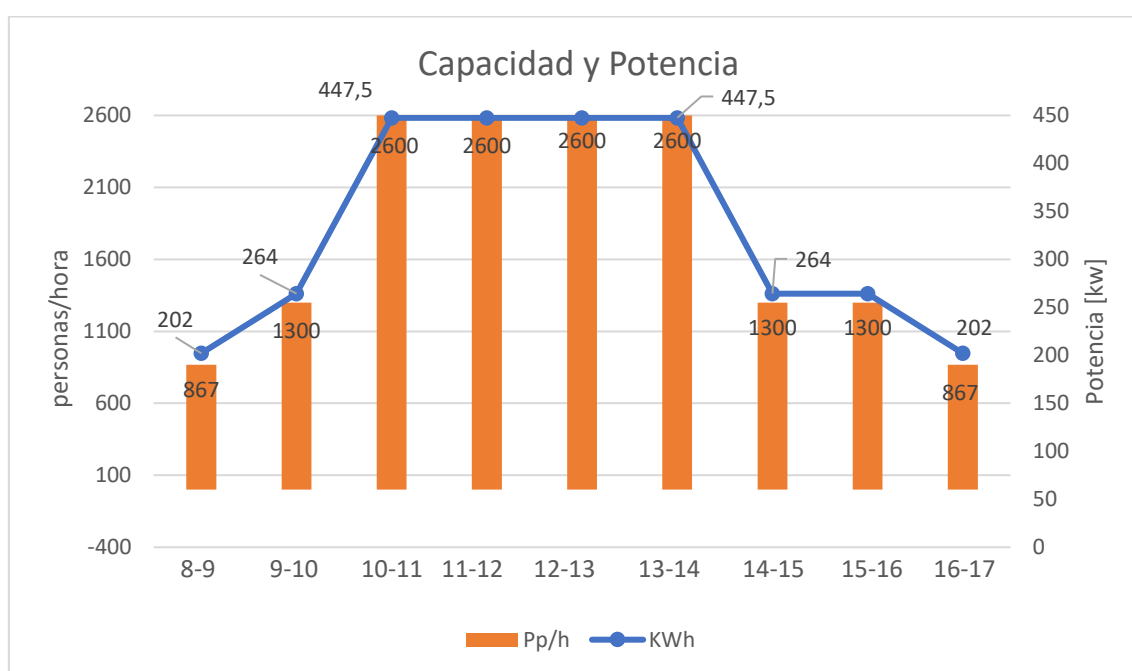


Figura 32: Gráfica de Capacidad y Potencia consumida

El consumo al final del día es de 2987.309KWh que a un precio de 0.1 euros/KWh supondría un gasto de 298.731 euros al día, 8961.93 euros durante 30 días con gran afluencia.

A continuación, se analiza cómo influyen diferentes factores en la potencia requerida por nuestra instalación.

1) Factores topográficos (Longitud y desnivel).

Tabla 4

Potencia consumida en kW											
800	577	595	613	632	650	668	686	705	723	742	759
700	509	528	546	564	582	601	619	637	655	674	692
600	442	460	478	497	515	533	551	570	588	606	624
500	374	393	410	429	447	465	484	502	520	539	557
400	306	325	343	361	379	398	416	435	452	471	489
300	239	257	275	294	312	330	348	367	385	404	421
200	171	190	208	226	244	263	281	299	317	336	354
100	104	122	140	159	177	195	213	232	250	268	286
0	36	55	73	91	109	128	146	164	182	201	219
Desnivel/Longitud [m]	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000

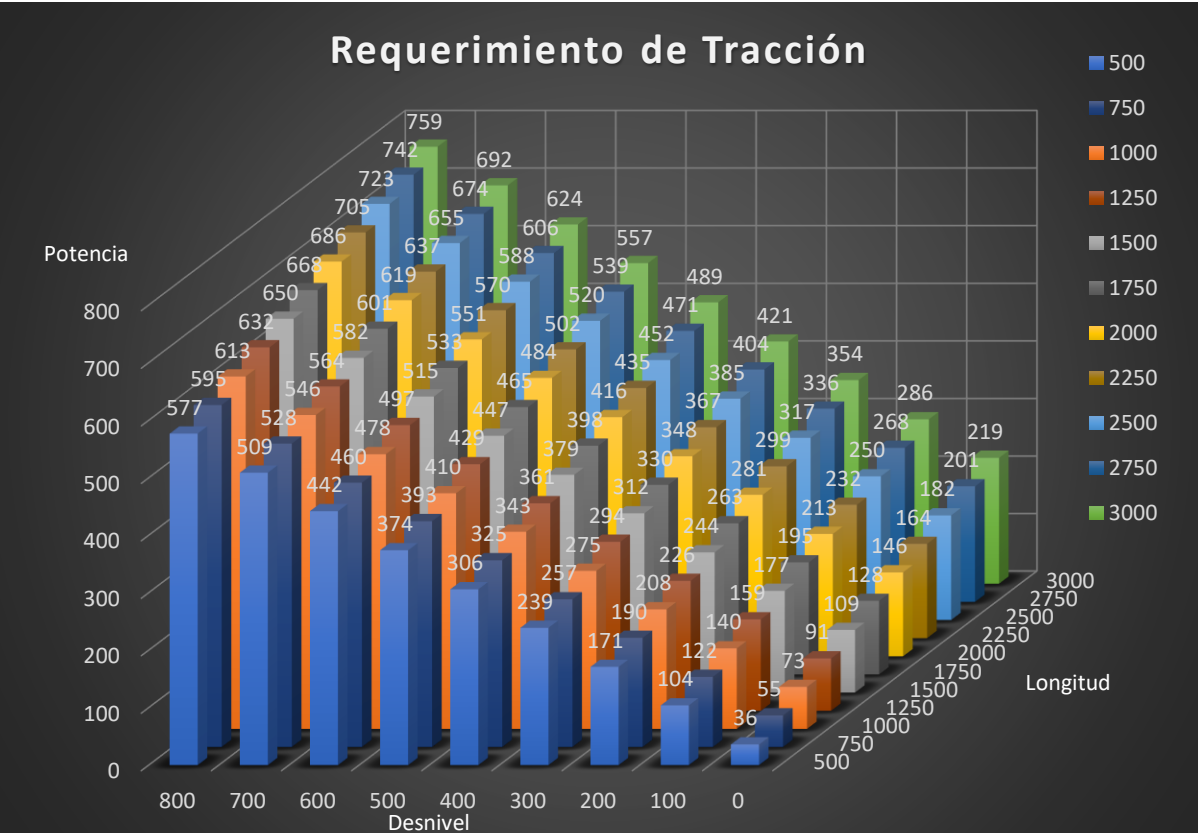


Figura 33: Requerimiento de tracción según Longitud y Desnivel

El desnivel es el parámetro que más aumenta el requerimiento de potencia de nuestra instalación.

Se analiza la línea de 1500 metros de longitud para observar cómo afecta el desnivel:

Tabla 5

Longitud [m]	Desnivel [m]	Potencia consumida [kW]
1500	0	109,597
1500	100	177,181
1500	200	244,765
1500	300	312,349
1500	400	379,933
1500	500	447,518
1500	600	515,102
1500	700	582,686
1500	800	650,270

Aumenta un 61.67% por cada 100 metros más de desnivel.

Se analiza una línea de 300 metros de desnivel para observar cómo afecta la longitud:

Tabla 6

Longitud [m]	Desnivel [m]	Potencia consumida [kW]
500	300	239,285
750	300	257,551
1000	300	275,817
1250	300	294,083
1500	300	312,349
1750	300	330,616
2000	300	348,882
2250	300	367,148
2500	300	385,414
2750	300	403,681
3000	300	421,947

Aumenta un 7.55% cada 250 metros de longitud.

2) Capacidad.

Se analiza como afecta la capacidad al requerimiento de tracción:

Tabla 7

Longitud [m]	Desnivel [m]	Capacidad (pp/h)	Número de vehículos	Distancia entre vehículos [m]	Intervalo entre sillas [s]	Potencia consumida [kW]
1500	500	2000	90	36	7,2	351,727
1500	500	2100	94	34,285	6,857	367,692
1500	500	2200	98	32,727	6,545	383,657
1500	500	2300	102	31,304	6,260	399,622
1500	500	2400	106	30	6	415,587
1500	500	2500	110	28,8	5,76	431,553
1500	500	2600	114	27,692	5,538	447,518
1500	500	2700	119	26,666	5,333	463,483
1500	500	2800	123	25,714	5,142	479,448
1500	500	2900	127	24,827	4,965	495,413
1500	500	3000	131	24	4,8	511,378

La potencia necesaria aumenta un 4.54% por cada 100 personas. Aunque se observa que el aumento de requerimiento de potencia no es muy grande, este aumento de capacidad se consigue añadiendo vehículos, por tanto, conforme se vaya aumentando la capacidad se tendrá un mayor número de vehículos. Se tendrá cada vez un intervalo entre sillas menor hasta llegar a un punto en el que no se podrá realizar el embarque además la instalación tendrá que estar preparada para soportar un peso mayor.

3) Aumento de potencia necesaria debido al hielo.

La masa específica del hielo es 0.6kg/dm³.

Ejemplo de cálculo: se tiene el cable anterior de 35mm de diámetro cubierto de hielo llegando hasta los 85mm de diámetro, la masa de hielo en cable por cada metro de longitud será:

$$\frac{\pi}{4} * (0.85^2 - 0.35^2) * 10 * 0.6 = 2.83 \text{ kg/m}$$

Pinza desembragable:

Que en el caso de subida vacío y bajada vacío (suponiendo que se está abriendo la instalación y que los vehículos estaban en el almacén, es decir, solo habrá hielo en cable):

$$\Delta T = 2 * L * 0.028 * P_p$$

$$P_p = P_d + \frac{s}{e} = (6.6 + 2.83) \frac{kg}{m} + \frac{275 kg}{27.69 m} = 19.358 kg/m$$

$$\Delta T = 2 * 1000 * 0.028 * 19.358 = 1626.07 daN$$

$$P_w = \frac{\Delta T * v}{75 * \eta}$$

$$P_w = 127.53 CV \approx 95.102 kW$$

El requerimiento de potencia es un 17% más elevado que en condiciones normales, en el que se tenía un consumo de 81.212 kW.

Tabla 8

Diámetro del cable [mm]	Diámetro total con hielo [mm]	Peso hielo [kg/m]	Peso por metro lineal en vacío [kg/m]	Potencia consumida [kW]
35	35	0	16,530	81,212
35	45	0,3769	16,907	83,064
35	55	0,8482	17,378	85,379
35	65	1,4137	17,944	88,157
35	75	2,0734	18,604	91,398
35	85	2,8274	19,357	95,102
35	95	3,6756	20,206	99,270

Aumenta un 2.28% el peso por metro lineal en vacío y un 2.28% la potencia necesaria si las sillas no tienen hielo porque han estado guardadas en el almacén.

Pinza fija: En el caso de tener una línea de pinza fija, habría que añadir el nuevo peso del vehículo, que podría aumentar hasta un 60%.

4) Requerimiento de potencia variando velocidad.

Se va a distinguir entre líneas urbanas y líneas de esquí.

- a. Línea urbana con cabinas de 315kg para 4 personas, una capacidad constante de 2600pp/h y un desnivel de 0 metros.

Tabla 9

Longitud [m]	Velocidad [m/s]	Distancia entre vehículos [m]	Potencia consumida [kW]
1500	2	11,076	97,238
1500	3	16,615	103,723
1500	4	22,153	110,208
1500	5	27,692	116,693
1500	6	33,230	123,178
1500	7	38,769	129,663
1500	8	44,307	136,148
1500	9	49,846	142,633
1500	10	55,384	149,118

Aumenta un 6.67% cada 1 m/s si mantenemos la capacidad.

Conforme mayor sea la velocidad de la línea, tendrá un mayor desgaste de los elementos que la forman. Además, la dimensión de las estaciones será mayor ya que se necesitarán unos trenes cinemáticos más largos para conseguir una velocidad de embarque óptima.

b. Variando Velocidad en Esquí (pinza desembagable vs pinza fija)

Se analiza el requerimiento de potencia en cuatro líneas diferentes, instalando sillas desembagables y sillas de pinza fija.

Potencia necesaria con un telesilla de pinza fija de 4 plazas, $v=2,3$ m/s, $Q=2600$ pp/h:

Tabla 10

Línea	Longitud [m]	Desnivel [m]	Distancia entre sillas [m]	Potencia consumida [kW]
1	1500	300	12,74	272,664
2	1500	500	12,74	407,832
3	1000	300	12,74	249,360
4	2000	300	12,74	295,968

Potencia necesaria con un telesilla de pinza desembagable de 4 plazas, $v = 5 \text{ m/s}$,
 $Q = 2600 \text{ pp/h}$:

Tabla 11

Línea	Longitud [m]	Desnivel [m]	Distancia entre sillas [m]	Potencia consumida [kW]	Aumento respecto a pinza fija
1	1500	300	27,69	312,349	14,55%
2	1500	500	27,69	447,518	9,73%
3	1000	300	27,69	275,817	10,61%
4	2000	300	27,69	348,882	17,87%

Requerirá mayor potencia la instalación desembagable debido principalmente a la diferencia de velocidades. También afectará el mayor peso de la instalación, ya que el peso de los vehículos desembagables es notablemente superior a los de pinza fija.

5) Requerimiento de potencia variando el número de pasajeros por silla.

En la siguiente tabla se observan las principales diferencias entre instalar sillas de 4, 6 y 8 pasajeros en una línea de 1500 metros de longitud.

Tabla 12

Peso vehículo [kg]	Distancia entre vehículos [m]	Intervalo entre sillas [s]	Carga pasajeros [kg]	Peso por metro lineal en vacío [kg/m]	Peso por metro lineal cargado [kg/m]	Número de pasajeros	Potencia consumida [kW]
275	27,69	5,54	320	16,53	28,08	4	447,518
450	41,53	8,30	480	17,43	28,99	6	451,953
650	55,38	11,07	640	18,33	29,89	8	456,388

La potencia requerida manteniendo la capacidad aumenta un 1%.

Resumen del requerimiento de tracción en función de los diferentes factores analizados:

Tabla 13

Factor		Variación
Desnivel		61,67% cada 100 metros
Longitud		7,55% cada 250 metros
Capacidad		4,54% cada 100 personas
Hielo		2,28% cada 10 mm de hielo
Velocidad	Urbano	6,67% cada 1 m/s
	Esquí	10-20% de pinza fija a pinza desembagable
Pasajeros por silla		1% cada 2 pasajeros

7.2 Requerimiento de capacidad.

Es muy importante realizar un buen estudio previo del caudal de personas que puede necesitar nuestra instalación. Se deben satisfacer las necesidades pero un mal cálculo puede hacer que se sobredimensione la instalación y se realice una inversión muy superior a la necesaria.

Hay varias maneras de aumentar la capacidad de una instalación:

- 1) Aumentando la velocidad de la línea.

En este caso se aumenta la velocidad de la línea manteniendo constante el número de vehículos. La distancia entre vehículos será constante y disminuirá el intervalo de tiempo entre ellos.

A continuación se muestran los principales cambios que produce la variación de velocidad. La línea tiene una longitud de 1500 metros y no tiene desnivel (se supone que se utiliza este método para elevar la capacidad en una instalación de movilidad). El número de vehículos escogido es el mismo que tiene la instalación para transportar a 2400 pp/h a una velocidad de 5 m/s, es decir, 30 metros.

Tabla 14

Longitud [m]	Velocidad [m/s]	Distancia entre vehículos [m]	Intervalo entre vehículos [s]	Potencia consumida [kW]	Capacidad [pp/h]
1500	2	30	15	44,084	960
1500	3	30	10	66,126	1440
1500	4	30	7,5	88,169	1920
1500	5	30	6	110,211	2400
1500	6	30	5	132,253	2880
1500	7	30	4,285	154,296	3360
1500	8	30	3,75	176,338	3840
1500	9	30	3,333	198,380	4320
1500	10	30	3	220,423	4800

- 2) Aumentando el número de vehículos.

Tabla 15

Longitud [m]	Desnivel [m]	Número de vehículos	Distancia entre vehículos [m]	Intervalo entre vehículos [s]	Potencia consumida [kW]	Capacidad [pp/h]
1500	500	90	36	7,2	351,727	2000
1500	500	94	34,285	6,857	367,692	2100
1500	500	98	32,727	6,545	383,657	2200
1500	500	102	31,304	6,260	399,622	2300
1500	500	106	30	6	415,587	2400
1500	500	110	28,8	5,76	431,553	2500
1500	500	114	27,692	5,538	447,518	2600
1500	500	119	26,666	5,333	463,483	2700
1500	500	123	25,714	5,142	479,448	2800
1500	500	127	24,827	4,965	495,413	2900
1500	500	131	24	4,8	511,378	3000

Aumentando el número de vehículos, aumentará el peso sobre la línea, no habrá gran diferencia de consumo. El principal problema será cuando se alcance un intervalo entre sillas demasiado corto como para embarcar.

- 3) Aumentando la capacidad individual de cada vehículo.

Al aumentar la capacidad individual de cada vehículo, el peso en la línea es menor, y será necesario un menor mantenimiento. Por contra, la dimensión de la instalación será mayor, (más anchura de las pilonas, volante de mayor diámetro, estaciones más anchas...).

Diferencias entre instalar sillas de 4,6 y 8 personas, manteniendo el número de vehículos:

Tabla 16

Peso vehículo [kg]	Distancia entre vehículos [m]	Intervalo entre sillas [s]	Carga pasajeros [kg]	Peso por metro lineal en vacío [kg/m]	Peso por metro lineal cargado [kg/m]	Número de pasajeros	Potencia consumida [kW]	Capacidad [pp/h]
275	27,692	5,538	320	16,530	28,086	4	447,515	2600
450	27,692	5,538	480	22,849	40,183	6	661,713	3900
650	27,692	5,538	640	30,072	53,183	8	880,346	5200

7.3 Tipo de vehículo.

En la siguiente tabla se comparan las principales diferencias entre los diferentes tipos de vehículos (pinza desembagable, telecabina y pinza fija) en cuatro líneas:

Tabla 17

Pinza desembagable							
Línea	Longitud [m]	Desnivel [m]	Peso vehículo [kg]	Distancia entre vehículos [m]	Peso por metro lineal en vacío [kg/m]	Peso por metro lineal cargado [kg/m]	Potencia consumida [kW]
Línea 1	1500	300	275	27,69	16,530	28,086	312,349
Línea 2	1500	500	275	27,69	16,530	28,086	447,518
Línea 3	1000	300	275	27,69	16,530	28,086	275,817
Línea 4	2000	300	275	27,69	16,530	28,086	348,882
Telecabina							
Línea 1	1500	300	315	27,69	17,975	29,530	319,446
Línea 2	1500	500	315	27,69	17,975	29,530	454,614
Línea 3	1000	300	315	27,69	17,975	29,530	280,548
Línea 4	2000	300	315	27,69	17,975	29,530	358,344
Pinza fija							
Línea 1	1500	300	150	12,73	18,375	43,496	272,664
Línea 2	1500	500	150	12,73	18,375	43,496	407,832
Línea 3	1000	300	150	12,73	18,375	43,496	249,360
Línea 4	2000	300	150	12,73	18,375	43,496	295,968

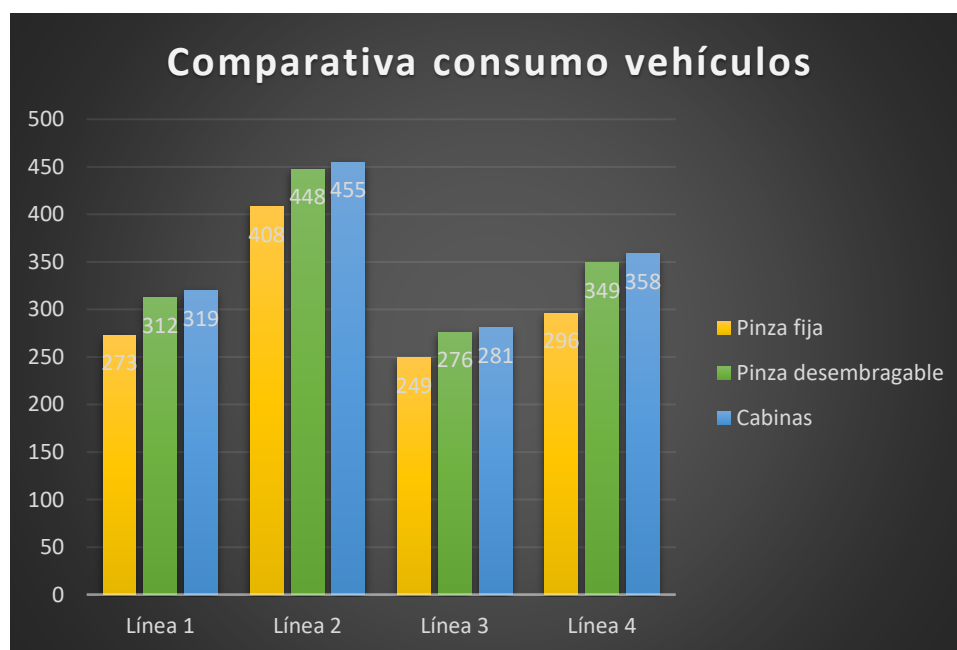


Figura 34: Comparativa de consumo entre vehículos

La diferencia en la potencia requerida entre sillas desembragables y cabinas de misma capacidad, dista un 2%. El consumo de un pinza fija es menor, pero no será posible satisfacer altas capacidades, puesto que la velocidad de la línea estará limitada a 2.5 m/s. Además la duración del trayecto será mucho mayor.

Tabla 18

Tipo de vehículo	Ventajas	Desventajas
Silla de pinza fija	Inversión Menor mantenimiento	Baja velocidad Pequeñas capacidades
Silla de pinza desembragable	Altas capacidades	Inversión
Cabina	Confortabilidad	Inversión Embarque/desembarque en esquí

8 Criterio de selección de vehículo

8.1 Esquí.

Dependiendo de la capacidad requerida por la instalación y su longitud, se podrá escoger entre:

- Telesilla de pinza fija.

Para distancias cortas y bajas capacidades. La velocidad deberá ser inferior a 2,5 m/s para posibilitar el embarque. Por ese motivo, si se tiene una línea de elevada longitud, la duración del trayecto sería demasiado larga. Además, si se quiere transportar una elevada capacidad de pasajeros, se tendrán que poner demasiados vehículos lo que, por un lado aumentará notablemente el peso de la línea y por otro, al aumentar el número de vehículos, la distancia entre ellos cada vez será menor, no dando tiempo a embarcar.

Actualmente una manera de facilitar el embarque es poniendo cintas transportadoras. El esquiador va sobre ellas, consiguiendo una velocidad relativa menor.

La principal ventaja es que la instalación tendrá un coste muy inferior. Por lo que en una instalación de longitud corta en la que no requiramos altas capacidades, puede ser la idónea. Además, las estaciones serán de menor tamaño, y el mantenimiento será menor ya que hay menos componentes.

- Telesilla de pinza desembragable.

Se puede transportar un elevado número de viajeros, hasta 4500 personas por hora. La velocidad está limitada a 5 m/s, por lo que la duración del recorrido será en torno a la mitad que en un telesilla de pinza fija. Las dimensiones de las estaciones serán mayores y también las operaciones de mantenimiento. Además, si

se dispone de almacenes, se pueden guardar las sillas diariamente, evitando problemas frente a meteorologías adversas y alargando la vida útil de los vehículos.

- Telecabinas.

Las principales desventajas son que el coste de la instalación es muy superior, y que es necesario que el esquiador se quite los esquís. Por ello si la instalación no es muy larga, no se va a ver afectado el tiempo del recorrido. Por ello, será una buena elección si se requieren altas capacidades y una longitud de línea muy larga. Como ventajas, la confortabilidad durante el trayecto es mucho mayor.

8.2 Urbano.

En una instalación cuyo fin es el transporte de personas en una ciudad, se escogerán cabinas como vehículos. Dependiendo de las capacidades que se necesiten y de la distancia del recorrido, se podrá aumentar la velocidad, aumentar el número de cabinas o aumentar la capacidad de cada cabina.

Si se aumenta la velocidad, la duración del trayecto será inferior, lo que supone una ventaja si la función de la línea es la movilidad, pero no será así si el fin es realizar un recorrido panorámico. Habrá un mayor desgaste en la instalación, lo que aumentará el coste en mantenimiento. Además, para conseguir una velocidad óptima de embarque, cuanto mayor sea la velocidad de la línea, mayores serán las dimensiones de las estaciones, ya que los trenes cinemáticos necesarios para disminuir la velocidad, tendrán que ser más largos.

Si se aumenta el número de cabinas, la duración del trayecto será la misma, pero podremos transportar más viajeros. El principal problema será el aumento del peso de la instalación y la disminución de la distancia entre vehículos (menos tiempo para embarcar).

Con cabinas de mayor capacidad, disminuirá el peso total de la instalación y la resistencia al viento, por tanto, el consumo será menor.

8.3 Industrial.

En el transporte por cable cuyo fin es el transporte de material generalmente los vehículos serán tolvas. Dependiendo del tipo de material, de la capacidad que necesitemos transportar y del grado de automatización de nuestra instalación, serán de un tipo o de otro. Se instalará siempre que sea posible una línea desembragable, así habrá tiempo de cargar y descargar las tolvas manteniendo una velocidad constante en la línea.

Resumen:

- | | | |
|-------|---|--|
| Esquí | { | <ul style="list-style-type: none">- Telesilla de pinza fija: longitudes cortas y capacidades no muy altas.- Telesilla de pinza desembragable: la más habitual. Utilizado para longitudes cortas y medias. Altas capacidades.- Telecabina: longitudes largas. |
|-------|---|--|

Urbano: Telecabina

Industrial: Tolvas

8.4 Criterio económico.

Además de las características necesarias de nuestra línea, siempre se deberá tener en cuenta el coste económico de la instalación, ya que existen grandes diferencias dependiendo del tipo de instalación. Deberemos satisfacer las necesidades de nuestra línea siempre en base a la inversión que podamos realizar. El coste va a depender principalmente del tipo de instalación que queramos y de la longitud de la línea.

Coste orientativo de una línea de 1000 metros de longitud:

Tabla 19

Tipo de instalación	Coste instalación (€)
Telesilla de pinza fija	2.000.000
Telesilla desembagable de 4 plazas	5.000.000
Telesilla desembagable de 6 plazas	6.000.000
Telesilla desembagable de 8 plazas	7.000.000
Telecabina desembagable de 6-8 plazas	8.000.000-10.000.000
Telecabina tricable	Más de 20.000.000

9 Instalaciones

9.1 Ocio y Turismo.

ASTÚN

Astún es una estación de esquí situada en el Valle de Astún. Cuenta con 50 kilómetros esquiables.

Líneas.

Cuenta con 5 telesillas, 3 de pinza fija y dos desembagables. 4 telesquís, (3 de ellos dobles) y 3 cintas. En todos los remontes el equipo de tracción se encuentra en la estación inferior. Todos los telesillas tienen un sistema de tensión hidráulico, en los telearratres se mantiene la tensión mediante un contrapeso.

Las instalaciones más importantes, que transportan a los esquiadores a las dos caras esquiables del valle, son desembagables. Tienen mayor capacidad, y su velocidad es de 5 m/s por lo que, aunque también sean las de mayor longitud, la duración del trayecto no es muy largo.

El resto de telesillas son de pinza fija, la longitud de la línea no es muy larga y dan acceso a pocas pistas, por lo que el caudal es inferior.

Potencias entre 147,2 y 580 KW.

Diámetros de cable entre 33 y 45 mm.

Edificios.

Parking dividido en varias esplanadas en la parte baja de la estación.

Cafeterías.

Hotel

Apartamentos.

Taller para reparación de piezas y espacio para aparcar las máquinas pisapistas.

Servicio médico

Nieve.

Circuito de aire y agua: para conducir hasta los cañones del aire y el agua mediante bombas o balsas.

Cañones de nieve: producen nieve a bajas temperaturas a partir de agua y aire a altas presiones. Están situados estratégicamente en la estación para innivar las zonas necesarias. Pueden ser cañones con compresor o sin compresor, máquinas de hélice o lanzas...

Balsa de agua: situada en la zona alta de la estación, podemos innivar la estación sin necesidad de utilizar las bombas de la zona inferior, lo que supone un gran ahorro. La balsa puede llenarse de agua cuando la energía es más barata, y producir nieve cuando sea necesario por caída.

Compresores: situados en la zona baja de la estación, son necesarios para producir nieve mediante los cañones que no tienen compresor incorporado.

Red de fibra. Comunicación entre todas las estaciones.

Red de agua para los baños y cafeterías.

Grupos transformadores.

Explotación.

EIVASA

En temporada invernal de 9:00 a 16:30

9.2 Movilidad.

MI TELEFÉRICO (La Paz, Bolivia)

Sistema de transporte urbano

Es la solución a los diversos problemas del área metropolitana de La Paz y El Alto como eran el tráfico, la contaminación y la topografía de la zona (cadenas montañosas, ríos...)

Líneas.

Actualmente son 10 líneas en las que los vehículos portantes son cabinas desembragables de 10 personas. Todos los viajeros pueden ir sentados y varias líneas cuentan con placas solares en las cabinas, las que proporcionan electricidad suficiente para luz, comunicación... Así se consiguen altas capacidades (3000/4000 pp/h) y tiempos de recorrido cortos.

Cabinas Omega 4



Figura 35

Pinza A-108

El cable de las instalaciones es un cable Fatzer de 50 milímetros.

Todas las líneas cuentan con un grupo de tensión hidráulico.

Tabla 19

Línea	Capacidad [pp/h]	Velocidad [m/s]	Longitud [m]	Desnivel [m]	Número de vehículos	Número de pilonas
Amarilla	3000	5	3633	685	169	31
Azul	3000	5	4893	63	208	36
Blanca	3000	5	2829	216	131	27
Café	3000	5	714	20	27	7
Celeste	4000	6	2630	180	155	26
Morada I	4000	6	2333	469	103	19
Morada II	3000	5	1969	21	87	16
Naranja	3000	5	2567	6	127	26
Plateada	3000	5	2724	38	117	21
Roja	3000	5	2350	406	109	19
Verde	3000	5	3655	137	165	27

Edificios.

Amplias estaciones que cuentan con tiendas, taquillas, restaurantes...

Estaciones intermedias en varias líneas.

Garajes en cada línea para guardar las cabinas.

Explotación.

Mi Teleferico

Funciona 360 días al año durante 18 horas al día.

[10]

9.3 Industrial.

TRANSPORTE DE MATERIALES APIAI (Brasil)

Instalación dedicada al traslado de materiales de una cementera, desde la cantera hasta la zona de producción. Tras extraer el material, los camiones lo depositan en una cinta que automáticamente llena las tolvas.

Línea.

La línea tiene una longitud de 9500 metros y un desnivel de 480 metros. Funciona a 4,5 m/s y tiene una capacidad de 450 toneladas por hora.

Los vehículos portantes son 275 tolvas.



Figura 36



Figura 37

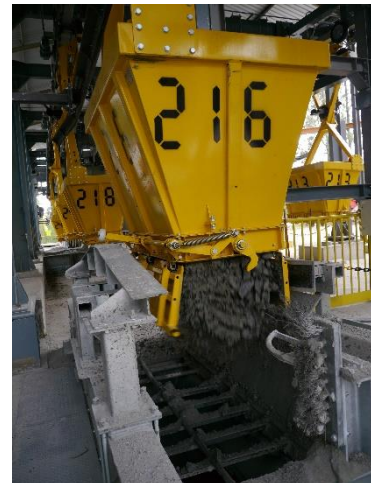


Figura 38

[8]

10 Conclusiones

El transporte por cable es un medio utilizado principalmente para el transporte de personas en estaciones de esquí, con pequeñas distancias y grandes desniveles. Se consigue satisfacer la demanda de capacidad y es el medio más cómodo y rápido.

Actualmente se está ampliando su uso al transporte de personas en ciudades para mejorar la movilidad. En muchas ocasiones se utiliza para acceder a núcleos urbanos aislados a los que sería muy complicado llegar mediante transporte terrestre. También en grandes núcleos cuya densidad de tráfico es elevada y no es posible disponer de infraestructuras necesarias o poseen una orografía complicada. Está siendo la solución a los grandes problemas que existían en ciudades de Sudamérica, empleado como transporte urbano es rápido, económico y limpio.

También existen instalaciones industriales, aunque en un número muy inferior a los tipos anteriores. Reemplazan el transporte terrestre en zonas de difícil acceso como suelen ser los lugares de extracción de materias primas (minería, canteras...) También son utilizadas en el interior de grandes plantas productivas.

Aunque se han generalizado las características de las líneas en función de su fin de explotación, cada línea requiere un importante estudio previo, ya que son muchos los factores que van a condicionar nuestra instalación. Los principales factores son:

- Tipo de aplicación
- Terreno
- Longitud y desnivel
- Capacidad
- Climatología (viento, nieve...)

Tras el análisis de todos estos factores y dependiendo del fin de la explotación se obtendrá la trayectoria que seguirá la instalación y se instalarán los elementos correspondientes en función de las características técnicas.

Tras la realización de todos los cálculos del trabajo se ha podido observar la variación de las prestaciones en los diferentes tipos de líneas.

En el requerimiento de tracción se han analizado diversos factores, la potencia requerida depende de la longitud, el desnivel y el peso de la línea. Siendo el factor más influyente el desnivel. Todas las instalaciones estarán equipadas con un motor de mayor potencia a la requerida.

Para saber el requerimiento de capacidad será necesario realizar un estudio previo, se deberá satisfacer la demanda prevista pero un cálculo excesivo de ella, hará que se sobredimensione la instalación, con los correspondientes costes que conllevará. Una vez prevista la capacidad máxima por hora que debe transportar la instalación se podrán tomar diferentes caminos variando principalmente los siguientes tres factores:

- Velocidad: la velocidad suele estar prefijada en el transporte por cable por normativa. Es posible aumentarla en casos excepcionales, pero en la mayoría de

los casos las velocidades son 2.5 m/s en telesillas de pinza fija, 5 m/s en telesillas desembragables y 5-6 m/s en telecabinas urbanos.

- Número de vehículos: el principal problema será la distancia entre vehículos. Cuanto mayor sea el número de vehículos, habrá menor distancia entre ellos, por lo que habrá un número máximo de vehículos que pueda garantizar el embarque de pasajeros.
- Capacidad de cada vehículo: es el factor más influyente. En este caso no se tienen limitaciones tan estrictas como en los anteriores casos, y si es posible realizar la inversión, modificando la capacidad de cada vehículo se pueden llegar a transportar caudales muy elevados. El principal problema será la inversión necesaria y las dimensiones de la instalación, ya que la anchura de los vehículos será muy superior.

Actualmente la mayoría de las líneas de pinza desembragable funcionan a una velocidad aproximada de 5 m/s, consiguiendo unas capacidades que oscilan entre 3000 y 4000 pasajeros por hora.

La elección del tipo de vehículo dependerá principalmente de la finalidad de la instalación.

En una instalación que se vaya a explotar en una estación de esquí el vehículo más común es la silla desembragable. Se consiguen transportar grandes capacidades de personas y es la configuración más cómoda para este deporte ya que es posible embarcar y desembarcar sin quitarse los esquís. Dependiendo del requerimiento de capacidad se podrá elegir sillas de 4, 6 y 8 personas que normalmente se trasladarán a una velocidad de 5 m/s.

También es muy común el telesilla de pinza fija, aunque cada vez se fabriquen menos. La mayor ventaja es que la inversión es menor. En líneas en las que la longitud no sea muy larga (inferior a 1000 metros) y la capacidad máxima requerida no sea elevada (inferior a 2600 pp/h) será una buena opción.

En los casos en los que la longitud sea muy larga se podrán instalar cabinas. La confortabilidad durante el trayecto es mayor pero para realizar el embarque y desembarque el pasajero deberá quitarse los esquís. Uno de los problemas de las cabinas es la gran superficie de contacto que tienen contra el viento, por ello si la instalación va a ser construida en una zona ventosa, la mejor solución será elegir un telecabina tricable.

En una instalación urbana se instalarán cabinas desembragables con capacidades en torno a 10 pasajeros por cabina. Así dará tiempo suficiente a embarcar y se transportarán elevados caudales de personas.

En el transporte de materiales normalmente el vehículo es una tolva, el tamaño dependerá de la capacidad en toneladas que sea necesaria transportar. La pinza desembragable facilitará la carga y descarga del material, será importante disponer de una automatización suficiente en las estaciones para realizar estas operaciones.

En resumen:

Tabla 20

	Tracción	Capacidad	Tipo de vehículo
Esquí	Motores de elevadas potencias, debido a los grandes desniveles.	Entre 2000 y 3000 personas/hora	Silla de pinza desembragable
Urbano	Considerando trayectos sin desnivel, motores de bajas potencias.	3000 o más personas/hora	Cabina desembragable
Industrial	Dependerá de las toneladas transportadas y del desnivel y la longitud de la línea.	Toneladas/hora	Tolva

11 Bibliografía

11.1 Libros:

- | | |
|-----|--|
| [1] | Título: “Transporte por Cable”
Autores: Alfonso Orro Arcay
Margarita Novales Ordax
Miguel Rodríguez Bugarín |
| [2] | Título: “Ropeway Technology, Analytical Review of Ropeways”
Autor: Gottfried Hofmann |
| [3] | Título: “Transportadores y Elevadores”
Autores: Antonio Miravete
Emilio Larrodé |

11.2 Páginas web

- [4] <https://www.cavagro.com/>
- [5] https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_73_16050.pdf
- [6] <http://www.fao.org/3/v6530s/v6530s08.htm>
- [7] <http://www.andeslideres.com/es/reportajes/>
- [8] <https://www.leitner-ropeways.com/>
- [9] <https://fatzer.com/es/>
- [10] <https://www.remontees-mecaniques.net/>
- [11] <https://www.doppelmayr.com/es/>
- [12] <https://www.caranorte.com/>
- [13] www.nevasport.com
- [14] www.lugaresdenieve.com

ANEXO

ANEXO 1. Cálculos adicionales sobre el requerimiento de tracción.

Análisis de las diferencias en el requerimiento de tracción entre implantar cabinas o sillas desembagables en la línea “Truchas” de la estación de esquí de Astún:

$$P_w = \frac{\Delta T * v}{75 * \eta}$$

$$L = 1319 \text{ m}$$

$$h = 432.54 \text{ m}$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

[velocidad del cable]

$$Q = 2600 \text{ pp/h}$$

[capacidad horaria máxima]

$$\eta = 85\%$$

[rendimiento del conjunto motor-reductor]

$$P_d = 7 \text{ kg/m}$$

[peso del cable por metro lineal]

$$s = 275 \text{ kg}$$

[peso del vehículo (silla)]

$$s' = 315 \text{ kg}$$

[peso del vehículo (cabina)]

$$e = t * v = 5.54 * 5 = 27.7 \text{ m}$$

[distancia entre vehículos]

$$t = 3600 * \frac{N}{Q} = 3600 * \frac{4}{2600} = 5.54 \text{ s}$$

[intervalo entre vehículos (s)]

$$q = 80 \frac{\text{kg}}{\text{pers}} * 4 \text{ pers} = 320 \text{ kg}$$

[carga vertical debida al pasajero]

$$P_p = P_d + \frac{s}{e} = 7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{275 \text{ kg}}{27.7 \text{ m}} = 16.93 \text{ kg/m}$$

[peso por metro lineal en vacío (silla)]

$$P_e = P_p + \frac{q}{e} = 16.93 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{320 \text{ kg}}{27.7 \text{ m}} = 28.48 \text{ kg/m}$$

[peso por metro lineal cargado (silla)]

$$P_f = P_p + \frac{q * 0.33}{e} = 20.74 \text{ kg/m}$$

[peso por metro lineal con 33% de carga (silla)]

$$P_p = P_d + \frac{s}{e} = 7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{315 \text{ kg}}{27.7 \text{ m}} = 18.37 \text{ kg/m}$$

[peso por metro lineal en vacío (cabina)]

$$P_e = P_p + \frac{q}{e} = 18.37 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{320 \text{ kg}}{27.7 \text{ m}} = 29.92 \text{ kg/m}$$

[peso por metro lineal cargado (cabina)]

$$P_f = P_p + \frac{q * 0.33}{e} = 22.18 \text{ kg/m}$$

[peso por metro lineal con 33% de carga (cabina)]

Subida cargado y retorno vacío (silla):

$$\Delta T = TE - TS = h * (P_e - P_p) + L * 0.028 * (P_p + P_e)$$

$$\Delta T = 432.54 * (28.48 - 16.93) + 1319 * 0.028 * (28.48 + 16.93) = 6672.92 \text{ daN}$$

$$P_w = 523.366 \text{ CV} \approx 390 \text{ kW}$$

Subida cargado y retorno vacío (cabina):

$$\Delta T = TE - TS = h * (P_e - P_p) + L * 0.028 * (P_p + P_e)$$

$$\Delta T = 432.54 * (29.92 - 18.37) + 1319 * 0.028 * (29.92 + 18.37) = 6779.28 \text{ daN}$$

$$P_w = 531.708 \text{ CV} \approx 396.5 \text{ kW}$$

$$390 \text{ KWh} * 8h = 3120 \text{ kW/día}$$

$$396.5 \text{ KWh} * 8h = 3172 \text{ kW/día}$$

Con cabinas instaladas el consumo se incrementa un 1.6%

Cálculos realizados en condiciones ideales, en ausencia de viento y hielo, la resistencia al viento será diferente en ambos casos.

$$3172 \text{ kW} - 3120 \text{ kW} = 52 \text{ kW} \text{ [diferencia del consumo en un día durante 8 horas con la línea cargada]}$$

Se observa un mayor consumo en la línea si se instalan cabinas, diferencia debida a los pesos de los vehículos.

El principal inconveniente en la instalación de cabinas en las estaciones de esquí es la necesidad de que los pasajeros se quiten los esquís para realizar el trayecto. Otros inconvenientes de las cabinas serán el comportamiento frente al viento, el futuro mantenimiento, y el coste y las dimensiones de las estaciones, por lo que si no es necesario, será más económico y sencillo montar sillas.

A favor de ellas, la confortabilidad es mucho mayor.

Mismos cálculos pensados para una instalación urbana: (2600pp/h, 5m/s y 1319m, h=0m)

1) Subida cargado y retorno vacío (silla):

$$\Delta T = TE - TS = h * (P_e - P_p) + L * 0.028 * (P_p + P_e)$$

$$\Delta T = 0 + 1319 * 0.028 * (28.48 + 16.93) = 1677 \text{ daN}$$

$$P_w = 131.536 \text{ CV} \approx 98.086 \text{ kW} \text{ (25% de 390kW)}$$

1) Subida cargado y retorno vacío (cabina):

$$\Delta T = TE - TS = h * (P_e - P_p) + L * 0.028 * (P_p + P_e)$$

$$\Delta T = 0 + 1319 * 0.028 * (29.92 + 18.37) = 1783 \text{ daN}$$

$$P_w = 139.88 \text{ CV} \approx 104.31 \text{ kW} \text{ (26.31% de 396.5kW)}$$

En transportes urbanos, siempre se instalarán cabinas. Se observa que el consumo si la línea no tuviese desnivel es un 25% aproximadamente de los cálculos realizados con el desnivel de 432.54 metros.